



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 58 553 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 02 N 2/06**  
F 02 D 41/02

②1 Aktenzeichen: 101 58 553.5  
②2 Anmeldetag: 29. 11. 2001  
④3 Offenlegungstag: 13. 6. 2002

DE 101 58 553 A 1

③0 Unionspriorität:

00-364708 30. 11. 2000 JP  
01-14346 23. 01. 2001 JP

⑦1 Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

⑦4 Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336  
München

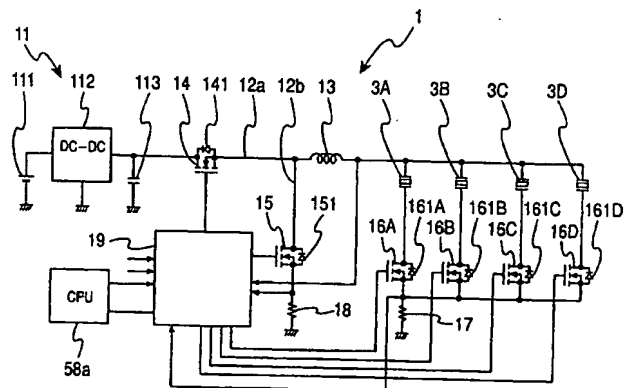
⑦2 Erfinder:

Kawamoto, Satoru, Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator und Kraftstoffeinspritzsystem

⑤7 In einem Kraftstoffeinspritzsystem mit einer gemeinsamen Verteilerleiste (54) wird ein Piezo-Stapel (3A-3D) durch Leiten eines Stroms von einer Gleichstromquelle (11) mittels eines Induktionselements (13) während der Einschaltperiode einer Schalteinrichtung (14), die zyklisch einschaltet und ausschaltet, und durch Leiten eines Schwungradstroms durch das Induktionselement (13) während der Ausschaltperiode der Schalteinrichtung (14) geladen. Eine Steuerschaltung (19), die die Schalteinrichtung (14) steuert, legt die zeitliche Steuerung des Übergangs von dem Einschaltzustand in den Ausschaltzustand der Schalteinrichtung (14) als eine Funktion eines Kraftstoffdrucks der gemeinsamen Verteilerleiste (54) fest. Im Einzelnen wird der Spitzenwert des Ladestroms im Verhältnis dazu kleiner, wie die Sollspannung geringer wird.



DE 101 58 553 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator und ein Kraftstoffeinspritzsystem.

[0002] Piezoelektrische Aktuatoren verwenden den piezoelektrischen Effekt eines piezoelektrischen Materials wie etwa PZT. Ein einem kapazitiven Element entsprechender Piezo-Stapel expandiert bzw. weitet sich und zieht sich zusammen, wenn er elektrisch geladen oder entladen wird, wodurch eine Kraft auf einen Kolben etc. zum Erbringen einer linearen Bewegung ausgeübt wird. Ein Beispiel von Anwendungen des piezoelektrischen Aktuators entspricht einem Ventil einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung eines Kraftstoffeinspritzsystems für Brennkraftmaschinen.

[0003] Der piezoelektrische Aktuator wird durch eine Ansteuerschaltung betrieben, die einen einen Strom von einer Gleichstromquelle zu dem Piezo-Stapel mittels einer Schalteinrichtung und einem Induktionselement leitenden ersten Strompfad und einen einen Strom von dem Induktionselement zu dem Piezo-Stapel mittels Umgehen bzw. Überbrücken der Gleichstromquelle und der Schalteinrichtung leitenden zweiten Strompfad beinhaltet. Der erste Strompfad leitet einen Ladestrom, der während der Einschaltperiode der Schalteinrichtung progressiv ansteigt, und der zweite Strompfad leitet in Folge des Schwungrad-Effekts einen Ladestrom, der während der Ausschaltperiode der Schalteinrichtung progressiv fällt.

[0004] Die Schalteinrichtung wird für einen Anstieg und für eine Reduzierung des Ladestroms zyklisch angeschaltet und abgeschaltet, und die Spannung über dem Piezo-Stapel steigt infolge von in dem Piezo-Stapel gespeicherten ansteigenden Ladungen schrittweise an. Dieses Prinzip ist als das Mehrfachschaltschema bekannt. Erreicht der Ladewert einen vorbestimmten Soll-Wert, wechselt die Schalteinrichtung in den Abschaltzustand zur Beendigung des Ladevorgangs.

[0005] Gewisse piezoelektrische Aktuatoren sind mit einem variablen Soll-Ladewert ausgestattet, so dass sie eine beabsichtigte Versatz- und Antriebskraft erzeugen.

[0006] Die JP-B2-6-12101 offenbart einen bei einem Kraftstoffeinspritzsystem für Brennkraftmaschinen angewendeten piezoelektrischen Aktuator, wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung so vorgesehen ist, dass der von einer gemeinsamen Verteilerleiste bzw. einer Common Rail zugeführte Kraftstoffdruck eine Kraft auf eine Nadel einer Düse in einer Ventilöffnungsrichtung ausübt. Der Piezo-Stapel treibt die Nadel indirekt durch den Kraftstoffdruck in der Druckkammer zur Öffnung des Ventils an, wobei der Ladewert des Piezo-Stapels als Reaktion auf den erfassten Kraftstoffdruck in der Druckkammer gesteuert wird, wodurch die Antriebskraft zum Drücken der Nadel reguliert wird. Der Ladevorgang wird durch die Festlegung der Schalteinrichtung auf den Ausschaltzustand als Reaktion auf das Erreichen des Soll-Ladewerts beendet, was beispielsweise in Form der Spannung über den Piezo-Stapel erfasst wird.

[0007] Das Induktionselement speichert ein bestimmtes Maß an Energie in Abhängigkeit des Ladestroms zu dem Zeitpunkt, wenn die Schalteinrichtung in den Ausschaltzustand gebracht wird, und der Schwungradstrom von dem Induktionselement lädt den Piezo-Stapel nach dem Abschalten der Schalteinrichtung, woraus ein Fehler des Ladewerts hinsichtlich des Soll-Ladewerts resultiert. Der Wert des Ladestroms beim Erreichen des Soll-Ladewerts des Piezo-Stapels variiert infolge der Variation der Charakteristiken von Komponententeilen des piezoelektrischen Aktuators als Reaktion auf Umweltänderungen und dergleichen, und entsprechend ändert sich der Fehler des Ladewerts.

[0008] Der Fehler des Ladewerts ist am größten, wenn der Ladestrom den Spitzenwert erreicht und die Schalteinrichtung gleichzeitig in den Ausschaltzustand gebracht wird.

[0009] Entsprechend besteht eine denkbare Weise zur Minimierung des Fehlers des Ladewerts darin, den Übergang vom Einschaltzustand zum Ausschaltzustand der Schalteinrichtung vorzuverschieben, wodurch der Spitzenwert des Ladestroms verringert wird.

[0010] Wird jedoch der Soll-Ladewert in Abhängigkeit des Kraftstoffdrucks der Common Rail gesteuert, verringert ein geringerer Spitzenwert den mittleren Ladestrom. Dies ist problematisch, da sich die Ladezeitdauer verlängert, wenn ein großer Soll-Ladewert eingestellt ist. Ein weiteres Problem besteht darin, dass die längere Ladezeit die Anzahl der Schaltvorgänge erhöht, woraus ein vorzeitiger Bruch bzw. eine vorzeitige Schädigung von Komponententeilen resultiert.

[0011] Die Erfindung ist auf diese Probleme gerichtet. Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator, die eine genaue Ladesteuerung mit einer geeigneten Länge einer Ladezeitdauer ausführen kann.

[0012] Erfindungsgemäß wird ein Piezo-Stapel durch Leiten eines Stroms von einer Gleichstromquelle durch ein Induktionselement während einer Einschaltperiode einer Schalteinrichtung, die zyklisch an- und abgeschaltet wird, und durch Leiten eines Schwungradstroms durch das Induktionselement (13) während der Ausschaltperiode der Schalteinrichtung geladen. Eine die Schalteinrichtung steuernde Steuerschaltung legt die zeitliche Steuerung eines Übergangs von einem Einschaltzustand zu einem Ausschaltzustand der Schalteinrichtung als eine Funktion eines Kraftstoffdrucks fest. Im Einzelnen wird der Spitzenwert des Ladestroms so gesteuert, dass er in dem Verhältnis dazu geringer wird, wie die Sollspannung geringer wird.

[0013] Das vorstehende und weitere Ziele, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der nachstehenden detaillierten Beschreibung unter Bezugnahme auf die angefügte Zeichnung ersichtlich.

[0014] Fig. 1 zeigt eine Prinzipdarstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems für Brennkraftmaschinen, wobei eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung einen piezoelektrischen Aktuator beinhaltet, der durch eine Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator angesteuert wird,

[0015] Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht der Kraftstoffeinspritzeinrichtung,

[0016] Fig. 3 zeigt ein Schaltbild der Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator auf der Grundlage eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung,

[0017] Fig. 4 zeigt ein Schaltbild eines Hauptabschnitts der Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator des ersten Ausführungsbeispiels,

[0018] Fig. 5 zeigt eine Darstellung zur Veranschaulichung des Betriebs der Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator,

[0019] Fig. 6 zeigt eine zeitliche Darstellung zur Veranschaulichung des Betriebs verschiedener Teile der Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator,

[0020] Fig. 7 zeigt ein Schaltbild eines Hauptabschnitts der Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator auf der Grundlage eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung,

[0021] Fig. 8 zeigt eine zeitliche Darstellung zur Veranschaulichung eines Betriebs verschiedener Teile der Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator des zweiten Ausführungsbeispiels,

[0022] Fig. 9 zeigt ein Schaltbild eines Hauptabschnitts einer Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktua-

tor auf der Grundlage eines dritten Ausführungsbeispiels der Erfindung,

[0023] Fig. 10 zeigt ein Schaltbild eines Hauptabschnitts einer Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator auf der Grundlage eines vierten Ausführungsbeispiels der Erfindung,

[0024] Fig. 11 zeigt eine zeitliche Darstellung zur Veranschaulichung eines Betriebs verschiedener Teile der Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator des vorliegenden Ausführungsbeispiels,

[0025] Fig. 12 zeigt ein Schaltbild eines Hauptabschnitts einer Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator auf der Grundlage eines fünften Ausführungsbeispiels der Erfindung,

[0026] Fig. 13 zeigt eine zeitliche Darstellung zur Veranschaulichung eines Betriebs verschiedener Teile der Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator des fünften Ausführungsbeispiels,

[0027] Fig. 14 zeigt ein Schaltbild eines Hauptabschnitts einer Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator auf der Grundlage eines sechsten Ausführungsbeispiels der Erfindung, und

[0028] Fig. 15 zeigt eine zeitliche Darstellung zur Veranschaulichung eines Betriebs verschiedener Teile der Ansteuerschaltung für einen piezoelektrischen Aktuator des sechsten Ausführungsbeispiels.

[0029] Die Erfindung wird im Weiteren detailliert unter Bezugnahme auf verschiedene Ausführungsbeispiele beschrieben.

(Erstes Ausführungsbeispiel)

[0030] Unter Bezugnahme auf Fig. 1, worin ein Kraftstoffeinspritzsystem gezeigt ist, beinhaltet ein jeder Zylinder einer Dieselmotorkraftmaschine bzw. eines Dieselmotors eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung 4 (nur eine ist gezeigt), welche mit Kraftstoff über eine Kraftstoffzufuhrleitung 55 mittels einer gemeinsamen Verteilerleiste bzw. eines Common Rail 54 versorgt wird, welche allen Zylindern gemeinsam ist. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung 4 dient zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum eines jeden Zylinders mit einem Druck, der so gut wie bzw. praktisch gleich dem Kraftstoffdruck in der Common Rail 54 ist. Die Common Rail 54 führt Kraftstoff mittels einer den Kraftstoff unter Druck setzenden Hochdruckzufuhrpumpe 53 von einem Kraftstofftank 51 zu und speichert den Kraftstoff bei hohem Druck. Der durch die Common Rail 54 der Kraftstoffeinspritzeinrichtung 4 zugeführte Kraftstoff wird ebenso als Arbeitsflüssigkeit zur Steuerung der Einspritzeinrichtung 4 verwendet, und er wird von der Einspritzeinrichtung 4 zu dem Kraftstofftank 51 über eine Ablaufleitung 56 zurückgeführt.

[0031] Ein Drucksensor 57 ist zur Messung des Common-Rail-Drucks an der Common Rail 54 angebracht. Eine elektronische Steuereinheit (ECU) 58 steuert ein Druckregulierventil 52 auf der Grundlage des gemessenen Kraftstoffdrucks, so dass der Einspritzdruck auf durch verschiedene Sensorsignale angegebene Kraftmaschinen-Betriebszustände angepasst ist. Die ECU 58 errechnet den Zeitverlauf bzw. die zeitliche Steuerung und die Quantität der Kraftstoffeinspritzung auf der Grundlage des Kurbelwinkelsignals etc. und betreibt das Ventil der Einspritzeinrichtung 4 zum Öffnen und Schließen, so dass die Einspritzeinrichtung 4 Kraftstoff für eine bestimmte Dauer einspritzt.

[0032] Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung 4 ist stabartig ausgeführt, wie es gemäß der Darstellung der Fig. 2 gezeigt ist, und an der Kraftmaschine angebracht. Der untere Abschnitt der Einspritzeinrichtung 4 ragt in den Brennraum

vor. Die Einspritzeinrichtung 4 beinhaltet einen Düsenabschnitt 4a, einen Gegendrucksteuerabschnitt 4b und einen piezoelektrischen Aktuator 4c, welche in dieser Reihenfolge aufwärts ausgerichtet sind.

[0033] Der Düsenabschnitt 4a beinhaltet einen Hauptkörper 404, in dem eine Nadel 421 untergebracht ist, indem sie an ihrem oberen Endabschnitt gleitfähig gehalten wird. Die Nadel 421 bewegt sich, um in Kontakt mit einem ringförmigen Sitz 4041 zu kommen oder um sich von dem ringförmigen Sitz 4041 wegzubewegen, welcher an dem unteren Ende des Düsenhauptkörpers 404 ausgebildet ist. Der untere Abschnitt der Nadel 421 ist durch einen äußeren Raum 405 umgeben, welchem unter Druck gesetzter Kraftstoff von der Common Rail 54 über einen in der Einspritzeinrichtung 4 ausgebildeten Hochdruck-Kraftstoffpfad 401 zugeführt wird, wenn die Nadel 421 sich an der oberen Position befindet. Kraftstoff wird über eine Einspritzöffnung 403 in den Brennraum eingespritzt. Eine ringförmige Fläche 4211 der Nadel 421 ist in der Anheberichtung (Aufwärtsrichtung) dem Kraftstoffdruck des Kraftstoffpfads 401 ausgesetzt.

[0034] Kraftstoff von dem Hochdruck-Kraftstoffpfad 401 wird ebenso als Arbeitsflüssigkeit von einer an der Rückseite der Nadel 421 angeordneten Einlassöffnung 407 zugeführt, wobei eine Gegendruckkammer 406 ausgebildet wird, die einen Gegendruck für die Nadel 421 erzeugt. Der Gegendruck wirkt auf die rückseitige Fläche 4212 der Nadel 421 in der Nadelsitzrichtung (abwärts) in Kooperation mit einer Feder 422, die in der Gegendruckkammer 406 untergebracht ist.

[0035] Der Gegendruck wird durch den Gegendrucksteuerabschnitt 4b geschaltet, der durch den piezoelektrischen Aktuator 4c angetrieben wird, welcher einen Piezo-Stapel 3A aufweist. Die Gegendruckkammer 406 befindet sich normalerweise mit einem Ventilraum 410 des Gegendrucksteuerabschnitts 4b über eine Auslassöffnung 409 in Verbindung. Der Ventilraum 410 beinhaltet eine nach oben gerichtete konische obere Fläche 4101, wobei er an der oberen Öffnung davon mit einem Niederdruckraum 411 verbunden ist. Der Niederdruckraum 411 führt über einen Niederdruck-Kraftstoffpfad 402 zu der Ablaufleitung 56.

[0036] Der Ventilraum 410 beinhaltet an seiner unteren Fläche 2102 eine Öffnung 408, die mit einer Verzweigung des Hochdruckkraftstoffpfads 401 in Verbindung steht. In dem Ventilraum 410 ist eine Kugel 423 angeordnet, deren unterer Abschnitt zur Ausbildung eines Ventilelements in flacher Form geschnitten ist, das nach oben und nach unten bewegt werden kann. Sie bewegt sich für einen Sitz an der Unterseite des Ventilraums (Hochdrucksitz) 4102 nach unten, wodurch infolge ihrer Schnittfläche der Ventilraum 410 von dem Hochdruckkraftstoffpfad 408 abgeschnitten ist. Sie bewegt sich nach oben und gelangt in einen Sitz an der Oberseite des Ventilraums (Niederdrucksitz) 4101, wodurch der Ventilraum 410 von dem Niederdruckraum 411 abgeschlossen ist.

[0037] Befindet sich die Kugel 423 an der unteren Position, steht der Gegendruckraum 406 mittels der Auslassöffnung 409 und dem Ventilraum 410 mit dem Niederdruckraum 411 in Verbindung, wodurch der Nadelgegendruck fällt. Somit bewegt sich die Nadel 421 nach oben. Befindet sich die Kugel 423 an ihrer oberen Position, ist der Gegendruckraum 406 von dem Niederdruckraum 411 abgeschlossen und zu dem Hochdruck-Kraftstoffpfad 401 geöffnet, wodurch der Nadelgegendruck ansteigt. Somit wird die Nadel 421 in den unteren Sitz gebracht.

[0038] Die Kugel 423 wird durch den piezoelektrischen Aktuator 4c nach unten gedrückt. Der piezoelektrische Aktuator 4c beinhaltet zwei Kolben 424 und 425 mit unterschiedlichen Durchmessern, welche in einer vertikalen Boh-

rung 412 gleitfähig gehalten werden, welche über dem Niederdruckraum 411 ausgebildet ist. Der Piezo-Stapel 3A ist über dem größeren Kolben 425 mit einem größeren Durchmesser angeordnet und zur Expansion und Kontraktion in der vertikalen Richtung eingerichtet.

[0039] Der größere Kolben 425 wird mit dem Piezo-Stapel 3A in Kontakt gehalten, indem er durch eine unter ihm angeordnete Feder 426 nach oben gedrückt wird, und kann eine vertikale Verschiebung infolge des Expansions-/Kontraktionsmaßes des Piezo-Stapels 3A aufweisen.

[0040] Die Bohrung 412, die teilweise durch den über der Kugel 423 angeordneten kleineren Kolben 424 mit einem kleineren Durchmesser und dem größeren Kolben 425 ausgefüllt ist, bildet einen Versatzraum 413, der mit Kraftstoff gefüllt ist. Dehnt sich der Piezo-Stapel 3A zum Herunterdrücken des größeren Kolbens 425, erzeugt die Druckkraft einen Kraftstoffdruck in dem Versatzraum 413 für eine Wirkung auf den kleineren Kolben 424. Da der kleinere Kolben 424 einen geringeren Durchmesser als der größere Kolben 425 aufweist, ergibt die Expansion des Piezo-Stapels 3A eine vergrößerte Verschiebung des kleineren Kolbens 424.

[0041] Der Versatzraum 413 wird von dem Niederdruckkraftstoffpfad 402 mittels eines Prüfventils (nicht dargestellt) mit Kraftstoff versorgt. Das Prüfventil hat die Vorwärtsflussrichtung von dem Niederdruck-Kraftstoffpfad 402 zu dem Versatzraum 413, so dass es schließt und Kraftstoff in den Versatzraum 413 abschließt, wenn der Piezo-Stapel 3A zum Herabdrücken des größeren Kolbens 425 expandiert.

[0042] Bei einer Kraftstoffeinspritzung wird der Piezo-Stapel 3A zum Bewirken einer Expansion des Piezo-Stapels 3A geladen, und bewegt sich der kleinere Kolben 424 zum Herabdrücken der Kugel 423 nach unten. Folglich bewegt sich die Kugel 423 von dem Niederdrucksitz 4101, um an dem Hochdrucksitz 4102 in eine Sitzposition zu gelangen, was eine Verbindung des Gegendruckraums 406 mit dem Niederdruckpfad 402 und seinen Kraftstoff-Druckabfall bewirkt. Die aufwärts gerichtete Kraft übersteigt die abwärts gerichtete Kraft an der Nadel 421, was sie zur Aufwärtsbewegung veranlasst, und eine Kraftstoffeinspritzung beginnt.

[0043] Zur Beendigung der Kraftstoffeinspritzung wird der Piezo-Stapel 3A für eine Kontraktion entladen, wodurch die auf die Kugel 423 wirkende abwärts drückende Kraft nachlässt. Dabei hat der Ventilraum 410 einen geringen Druck, während der hohe Kraftstoffdruck von dem Hochdruck-Kraftstoffpfad 408 auf die Unterseite der Kugel 423 wirkt, welche dann der Aufwärtskraft des Kraftstoffdrucks ausgesetzt ist. Folglich bewegt sich die Kugel 423 von dem Hochdrucksitz 4102 weg und gelangt wieder in einen Sitzzustand an dem Niederdrucksitz 4101, was den Kraftstoffdruck in dem Ventilraum 410 zum Anstieg veranlasst und somit die Nadel 421 für einen Stop der Kraftstoffeinspritzung zum Erreichen eines Sitzzustands veranlasst.

[0044] Eine Ansteuerschaltung 1 für einen piezoelektrischen Aktuator ist an der ECU 58 vorgesehen und gemäß der Darstellung von Fig. 3 aufgebaut. Die Ansteuerschaltung 1 für einen piezoelektrischen Aktuator zur Erzeugung einer Ladespannung für die Piezo-Stapel 3A, 3B, 3C und 3D bildet eine Gleichstromschaltung 11. Die Schaltung 11 beinhaltet eine an einem Fahrzeug angebrachte Batterie 111, einen Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler bzw. einen DC-DC-Wandler 112, der einer Chopper-Schaltung zur Erzeugung einer Gleichstromspannung mit einem Vielfachen von 10 V bis zu einem Vielfachen von 100 V aus der von der Batterie 111 geführten Spannung entspricht, und einen parallel zu den Ausgangsanschlüssen des DC-DC-Wandlers 112 angeschlossenen Pufferkondensator 113. Der Pufferkondensator 113 weist eine relativ große Kapazität auf, um gegenüber

dem Ladevorgang der Piezo-Stapel 3A bis 3D eine praktisch konstante Spannung zu halten. Die Piezo-Stapel 3A bis 3D sind identisch und in einzelnen Kraftstoffeinspritz-Einrichtungen 4 beinhaltet, wie sie in Fig. 1 gezeigt sind.

[0045] Es ist ein erster Strompfad 12a ausgebildet, der einen Strom von dem Pufferkondensator 113 der Gleichstromquelle 11 mittels eines Induktionselements 13 zu den Piezo-Stapeln 3A bis 3D führt. Zwischen dem Pufferkondensator 113 und dem Induktionselement 13 in Serie angeschlossen ist an dem ersten Strompfad 12a eine erste Schalteinrichtung 14, die einer MOSTFET-Einheit entspricht, deren parasitäre Diode 141 in Sperrrichtung bezüglich der Spannung über dem Pufferkondensator 113 vorgespannt ist.

[0046] Das Induktionselement 13 und die Piezo-Stapel 3A bis 3D bilden einen zweiten Strompfad 12b, der die Gleichstromschaltung 11 und die erste Schalteinrichtung 14 überbrückt. Der Pfad 12b beinhaltet eine zweite Schalteinrichtung 15, die mit dem Knoten des Induktionselements 13 und der Schalteinrichtung 14 verbunden ist. Die zweite Schalteinrichtung 15 entspricht einer MOSFET-Einheit, deren parasitäre Diode 151 bezüglich der Spannung über dem Pufferkondensator 113 in Sperrrichtung vorgespannt ist.

[0047] Die Strompfade 12a und 12b sind den Piezo-Stapeln 3A bis 3D gemeinsam und werden selektiv für jeden Piezo-Stapel, wie nachstehend beschrieben, verwendet. Die Piezo-Stapel 3A bis 3D sind jeweils in Serie mit einzelnen Schalteinrichtungen (Auswahleinrichtungen) 16A, 16B, 16C und 16D verbunden, wobei eine Auswahleinrichtung für den entsprechenden Piezo-Stapel der Einspritzeinrichtung 4 für den einer Kraftstoffeinspritzung zu unterziehenden Zylinder während einer Zeit angeschaltet ist. Die Auswahleinrichtungen 16A bis 16D entsprechen MOSFET-Einheiten, deren parasitäre Dioden 161A, 161B, 161C und 161D bezüglich der Spannung des Pufferkondensators 113 in Sperrrichtung vorgespannt sind.

[0048] Die Spannungen über einen Widerstand 17 mit einem geringen Widerstandswert, der in Reihe mit den Piezo-Stapeln 3A bis 3D verbunden ist, und die Spannung über einem Widerstand 18 mit einem geringen Widerstandswert, der in Serie mit der zweiten Schalteinrichtung 14 verbunden ist, werden der Ansteuerungssteuerschaltung 19 zugeführt, um die Werte des Ladestroms und des Entladestroms der Ansteuerungssteuerschaltung 19 anzugeben. Die Spannung über den Piezo-Stapeln 3A bis 3D (Piezo-Stapel-Spannung) gibt den Ladewert an und wird ebenso der Ansteuerungssteuerschaltung 19 zugeführt.

[0049] Die Gate-Anschlüsse der Auswahleinrichtungen 16A bis 16D empfangen individuelle Steuersignale von der Ansteuerungssteuerschaltung 19, so dass eines der Elemente 16A bis 16D während einer Zeitdauer angeschaltet ist, um einen der Piezo-Stapel 3A bis 3D für eine Aktivierung auszuwählen. Jeweilige Gate-Anschlüsse der Schalteinrichtungen 14 und 15 empfangen Steuerimpulssignale, so dass die Elemente 14 und 15 zur Ausführung des Ladevorgangs und des Entladevorgangs der Piezo-Stapel 3A bis 3D angeschaltet sind. Der Ladevorgang und der Entladevorgang erfolgt als Reaktion auf ein Einspritzsignal Si von einer Zentraleinheit bzw. CPU 58a, das erfasste Common-Rail-Drucksignal Sp, die mit den Widerständen 17 und 18 gemessenen Lade- und Entladestromwerte und die Piezo-Stapel-Spannung. Das Einspritzsignal entspricht einem binären Signal mit einem hohen und einem niedrigen Pegel, wobei es während der Periode einer Kraftstoffeinspritzung einen hohen Pegel aufweist.

[0050] Nachstehend wird hauptsächlich die Schaltungsanordnung der Ansteuerungssteuerschaltung 19 zum Laden der Piezo-Stapel 3A bis 3D erläutert.

[0051] Die Ansteuerungssteuerschaltung 19 beinhaltet

eine Ansteuersignal-Erzeugungsschaltung 21, die ein zu dem Gate-Anschluss der Schalteinrichtung 14 zuzuführendes Ansteuersignal erzeugt. Die Ansteuerungssteuerschaltung 19 beinhaltet ferner eine erste Vergleichseinheit 22, die das Common-Rail-Drucksignal und ein aus der Teilung der Piezo-Stapel-Spannung durch Widerstände 25 und 26 resultierendes Spannungssignal (Piezo-Stapel-Spannungssignal) empfängt. Die Vergleichseinheit 22 erzeugt ein binäres Signal, das angibt, ob die Piezo-Stapel-Spannung höher oder geringer als die Sollspannung ist. Das Ausgangssignal weist einen hohen Pegel auf, wenn die Piezo-Stapel-Spannung geringer als die Sollspannung ist. Das Ausgangssignal der Vergleichseinheit 22 wird durch ein UND-Gatter 211 der Ansteuersignal-Erzeugungsschaltung 21 empfangen. Das UND-Gatter 211 erzeugt das Ansteuersignal der Schalteinrichtung 14, die nur dann anschaltet, wenn Piezo-Stapel-

leitet ist.

[0056] Die Schalteinrichtung 14 wird eingeschaltet, was einen Ladestromfluss durch den Strompfad 12a verursacht. Der Ladestrom während dieser Einschaltperiode steigt mit einer Rate an, die proportional zu der Differenz zwischen Pufferkondensatorspannung der Piezo-Stapel-Spannung ist. Erreicht der Strom einen bestimmten Wert, der von dem Common-Rail-Drucksignal abhängt, wird die Vergleichseinheit 24 zur Erzeugung einer Hochpegelausgabe zum Rücksetzen des Flip-Flops 212 geschaltet, was die Schalteinrichtung 14 mit dem Spitzenladestrom zum Abschalten veranlasst.

[0057] In der Ausschaltperiode ist die parasitäre Diode 151 der zweiten Schalteinrichtung 15 durch die Gegenspannung des Induktionselements 13 in Flussrichtung vorgespannt, so dass ein abnehmender Ladestrom durch den zwei-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**Control circuit for piezoelectric actuator e.g. for vehicle fuel injection system has controller that determines timing of switch transition from on to off states so peak charging current value reduces with desired stack charge**

**Publication number:** DE10158553

**Publication date:** 2002-06-13

**Inventor:** KAWAMOTO SATORU (JP)

**Applicant:** DENSO CORP (JP)

**Classification:**

**- International:** *F02D41/20; F02M47/02; H01L41/04; H02N2/06; F02D41/38; F02M63/00; F02D41/20; F02M47/02; H01L41/00; H02N2/02; F02D41/38; F02M63/00; (IPC1-7): H02N2/06; F02D41/02*

**- european:** F02D41/20P; F02M47/02D; H01L41/04B

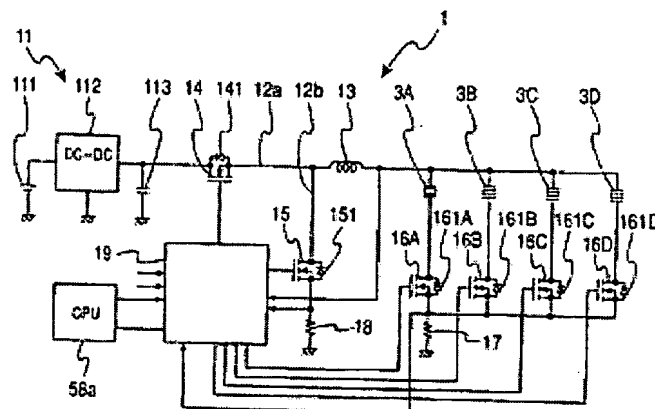
**Application number:** DE20011058553 20011129

**Priority number(s):** JP20000364708 20001130; JP20010014346 20010123

[Report a data error here](#)

#### Abstract of DE10158553

The circuit has a first current path (12a) providing a rising charging current from a d.c. source (11) to a piezo stack (3A-3D) of a piezoelectric actuator during an on period, a second path (12b) from an induction element (13) to the stack bypassing the source and a switch (14) and providing a reducing current during an off period as a result of a flywheel effect and a controller (19) that controls a switch-on/off process for the switch so that the charging current has cyclic peak values and the switch is turned off when the stack charge reaches a desired value set by external input. The controller determines the timing of the transition from on to off states so that the peak value reduces with the desired charge. Independent claims are also included for the following: a fuel injection system.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Docket # 2004P00712  
Applic. # \_\_\_\_\_  
Applicant: Augesky  
Lerner Greenberg Steiner LLP  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101